

## 現地写真(2005年)



現地宿泊施設周辺(2005年9月7日)



現地宿泊所に向かう途中からみた全景(2005年9月7日)



登山者と遭遇(2005年9月8日)



カルデラ右岸側の池(2005年9月9日)

33

## 現地写真(2009年)



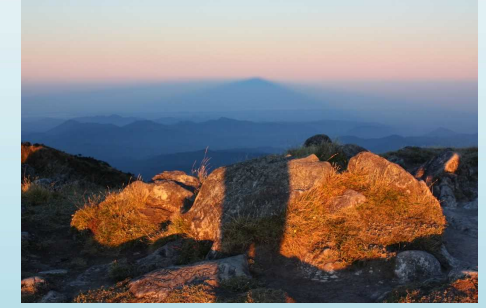
ビリビリダム貯水湖(2009年3月6日)



カルデラ下方の水田群(2009年8月18日)



カルデラ壁頭部から流動・堆積地を遠望(2009年8月18日)



Mt.Bawakaraeng頂上からモルゲンロート(2009年8月20日)

34

## 2004年台風21号による三重県宮川村の土砂災害

### 降雨状況:

- 台風21号が鹿児島県に上陸した2004年9月29日早朝から三重県南部尾鷲市・海山町・宮川村では、猛烈な雨が降り続いた。豪雨の原因は、日本海側に停滞する前線に向かって流れ込む南からの暖かく湿った空気が運んだ降雨帯がもたらしたことによる。
- 宮川村の明豆では、29日午前9時～10時に時間雨量125mm、連続雨量は665mmを記録した。
- 伊勢湾台風(1959)の時、宮川測候所では、3日間で雨量725mm、日雨量328mmを記録した。2004年台風21号の総雨量は同程度であり、日雨量は382mm(宮川ダム)で、前者を超えた。

### 土砂災害概要:

- 人的被害は死者6名、行方不明者1名、全壊20戸、半壊17戸(2004年台風による全国の土砂災害による犠牲者、死者6行方不明者26名、全壊87戸、半壊110戸、**台風:2, 4, 6, 10, 11, 15, 16, 18, 21, 23号**)
- 土石流27件、地すべり4件、がけ崩れ21件(2004年台風による全国の土砂災害件数、土石流410件、地すべり187件、がけ崩れ1085件)

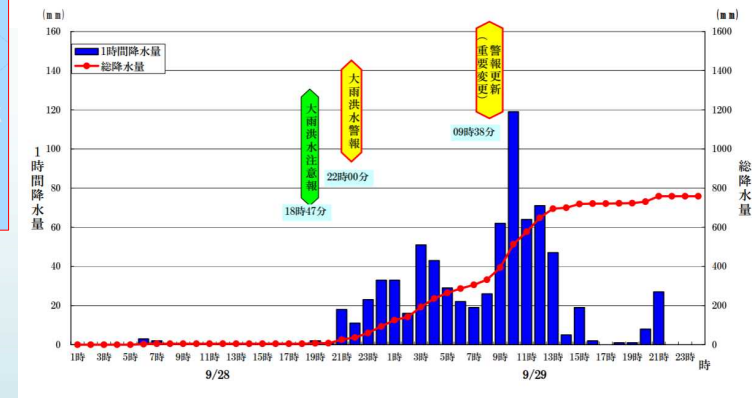
砂防学会災害調査団として、豪雨時の災害調査をマネジメントした最初の現場。急傾斜施設としての擁壁が、斜面崩壊で住宅とともに流失した。溪流の土砂流出により軒下まで埋没した住宅、洪水時のダム操作が招くマイナス。

35

## 2004年台風21号の降雨状況



河川局観測による三重県宮川村栗谷の降水状況(9月28日0時～29日24時)



- 豪雨は9月28日に始まり24時間で約800mmに達する。29日9時以降4時間は60mm/時を超え、10時ピークは約120mm/時であった。
- 気象台は降雨開始前の18時頃に大雨洪水注意報、22時に大雨洪水警報、翌29日9時38分に警報更新を行っている。
- 土砂災害があった小滝、滝谷等では、9時30分から11時頃に崩壊や土石流が発生したという住民情報があった。この情報は降雨が10時にピークを迎えていることと整合する。

36

# 小滝(宮川左岸)の斜面崩壊



- スギ林の上部斜面で発生した斜面崩壊による崩土が国道422号沿いの家屋1戸を全壊し、死者1名をだした。
- 崩壊規模は平均幅約20m, 水平長さ約170m, 最大深さ約2m。多量のスギ流木を含む崩壊土砂は一部が宮川に落下し、一部は直下の新領内橋の橋長方向のほぼ中央に達した。

# 小滝(宮川左岸)の斜面崩壊(2004年10月13日)



崩壊源頭部に見られた湧水跡



崩落面の侵食痕

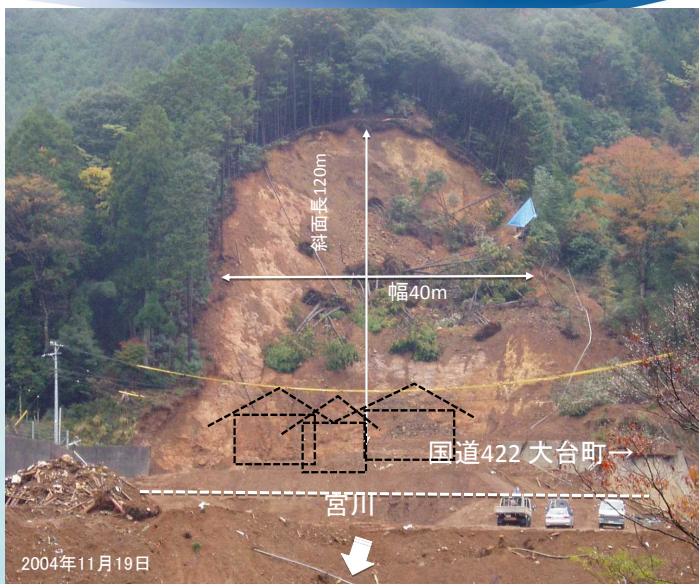


崩壊源頭部から下流を見る



崩土が直撃した人家跡

# 滝谷の地すべり性崩壊



- 宮川村滝谷(里中)地区では、宮川左岸山腹斜面で発生したスランプ型の崩壊により、国道422沿いの人家3戸が全壊し、死者4名、行方不明者1名を生じた。
- 崩壊規模は平均幅約40m, 斜面長さ約120m, 最大深さ約15m。斜面上に移動土塊の頭部を残し、中下流部は宮川まで流下した。
- 滝谷集落の住民Fは、29日早朝の豪雨のなか集落内を巡回して自宅に戻ると、自宅の「裏山の沢水が凄い」ため見に行ったところ崩壊が発生し、死亡した(近隣住民の証言、近藤ら、2006)。

# 滝谷の地すべり性崩壊



崩壊斜面と残存する擁壁(左側は流失)



崩壊源頭部の三波川帯泥質片岩、礫径は約5cmが、一部に50cm程度の礫を含む



崩壊斜面の左側ヒノキ林内に見られる流下痕



崩壊上部から流下跡を見る

# 岩井地区古ヶ谷の土砂流出

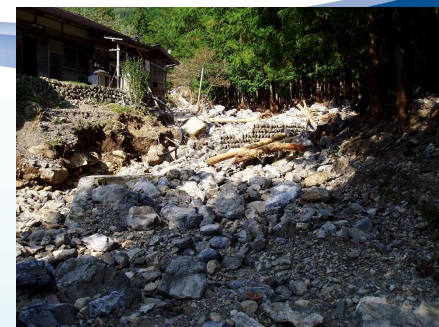
- 宮川との合流部に架かる国道422号古ヶ谷橋の上流、古ヶ谷川から土砂流出があり河床から約2mの堤内地側に流入し左岸側で1.5m堆積した。
- 河床内には砂礫の堆積が少ないこと、堤内地側に堆積した石礫は10~20cmのものが多くことなどから、層流状態で流出・堆積したと判断される。
- おそらく、洪水当時は流下水量が多量であり、これにより相当分の土砂が運搬され、残存したものと推察される。



# 岩井地区周辺の土砂流出状況



岩井地区国道422沿いの宮川との合流付近



岩井地区から数百m上流の松原地区の土砂流出



松原地区の土砂流出(国道沿い)



松原地区の土砂流出(溪流沿い)

# 四川大地震による土砂災害

## ●地震概要

発生: 2008年5月12日14時28分(現地時間)  
 規模: Mw 7.9 (USGS), 余震: マグニチュード6.8 (2回)  
 震源: 四川省アバ・チベット族チャン族自治州汶川映秀村

地震: 四川盆地北西端で北東から南西の方向に走る龍門山断層帯(逆断層)の2つの断層が連動して発生。断層帯の長さは約300km

死者: 2008年7月21日に四川大地震の死者は69,197人、負傷者は374,176人、行方不明者は18,222人と報告された。死者行方不明者のうち、30,000~40,000人は土砂災害によると推定される。家屋の倒壊は216,000棟、損壊家屋は4,150,000棟。

## ●地すべり, 斜面崩壊

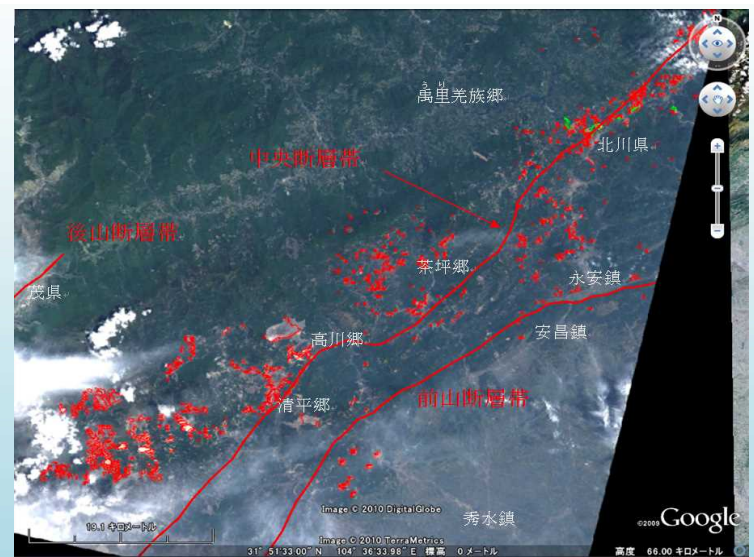
地震による最大級の大規模崩壊があった(大光包岩盤崩壊: 崩壊土量約7億 $m^3$ , 文家沟崩壊: 崩壊土量約7500万 $m^3$ )。

北川県曲山鎮(県都)は大規模な2つの地すべり性崩壊により壊滅状態、復旧不可。  
 多くの崩壊は地震動に直交する斜面方向で発生。  
 その後の豪雨で崩壊土砂が土石流下し大きな二次災害を生じた。

# 四川地震で発生した斜面崩壊の特徴

地震時に発生する斜面崩壊には、初生的なものも少なくないが、過去の経験から「土砂移動を生じやすい斜面」では、地震時においても同様である傾向がみられる。したがって、地震時の危険個所を推定するには、その素因である地質構造、斜面傾斜、断層走向、断層からの距離、斜面方位などを統計学的に処理し、発生場の特徴を明らかにしておく必要がある。

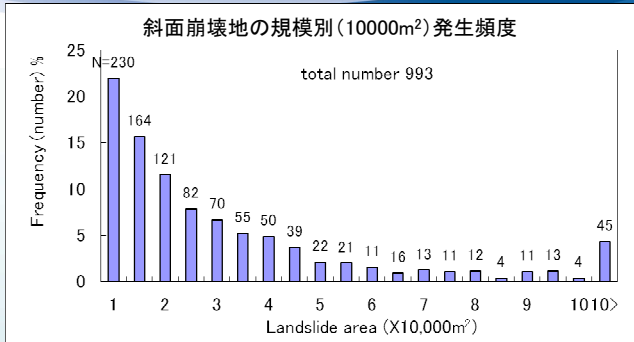
- 抽出にはALOS AVNIR-2画像を用い、約10,000 $m^2$ 以上のサイズ以上の斜面崩壊地を特定した。
- この条件で解析対象範囲から抽出した崩壊個数は約1000個である。
- 崩壊面積は合計42.4  $km^2$ 、解析面積は629.8 $km^2$ 、これより崩壊面積率は6.7%となる。これは、日本における第三紀層地帯で3.5~5.7%よりも大きい。



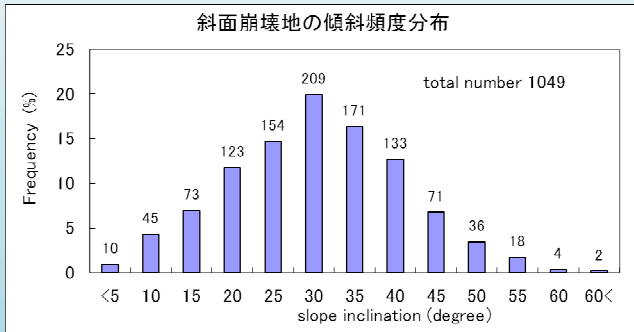
# 斜面崩壊地の規模と傾斜

# 斜面崩壊地の標高別分布と斜面方位

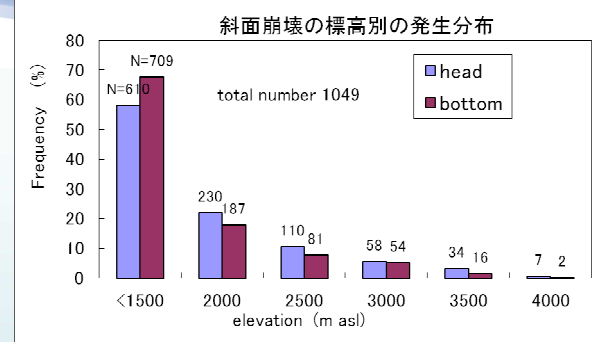
● 10,000m<sup>2</sup>以下が約23%を占め最も多く、面積が大きくなると指数関数的に減少する。崩壊面積20,000m<sup>2</sup>以下で約52%, 30,000m<sup>2</sup>以下で約67%を占めている。



● 崩壊地の傾斜は、頻度が高いのが30°で全体の約20%、傾斜30°～50°の斜面は、全体の約59%を占める。



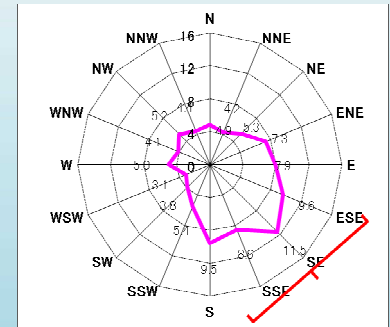
● 当該域は中国内陸部四川盆地北西縁にあり、その標高は800mから3600mにおよぶ。約67%は標高1500m以下で発生しており、標高2500mを越える場合には約20%と少ない。標高が大きくなると気候条件は極めて厳しく風化の進展も早いため、一般的な結果として、堅固な岩盤で構成される急峻な斜面のみが残存することを示した(?)。



● 斜面崩壊は南から東南東の斜面で多く発生しており、全体の約39%を占める。なかでも最も多いのが南東斜面であり、約12%に達することがわかる。

● 地震断層の方向は南東から北西向きで、北西方向から乗り上げるように活動した逆断層であるから、地震断層が衝上する方向に順行する斜面で発生頻度は大きい。

抽出した全崩壊地の斜面方向の分布



# 大規模土砂災害が発生した幾つかの個所

# 北川県曲山鎮の被災

## 北川県(曲山鎮壊滅状態)

曲山鎮20,000人の内2500/人死亡、北川県人口16万人の内8500人死亡。

## 安県高川郷大光包

四川大地震で生じた最大規模の大崩壊、崩壊量約7億m<sup>3</sup>、39名が犠牲。

## 綿竹市清平郷文家沟

大光包に次ぐ大崩壊、崩壊量7500万m<sup>3</sup>、2010年8月12日-13日降雨量227mmにより約430万m<sup>3</sup>の土砂流出、死者行方不明12人、建物破壊379。

## 汶川県映秀鎮

映秀鎮では8100人の内6500人死亡、倒壊1070戸。2010年8.13水害で土石流80万m<sup>3</sup>流出により岷江塞止後決壊、17人行方不明。

## 都江堰市龍池鎮

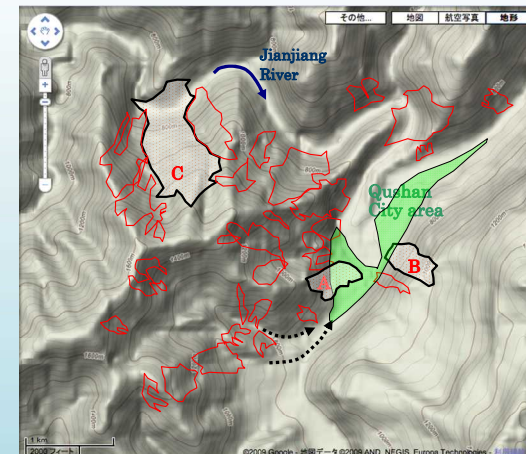
2010年8.13水害: 龍溪河の溪谷兩岸の流出土砂量は約800万m<sup>3</sup>。



北川チヤン族自治県(北川県)は人口15.8万人、県庁を含む地方行政機関は曲山鎮におかれている。最も地震被害が大きかったのは、曲山鎮で70%以上の建物が損壊した。行政機関の建物も背後斜面に生じた大規模な山腹崩壊土砂(A)により倒壊、病院や学校(B)で1,000人を超す犠牲者があり、死亡人数は8,000を超えたとされる。北川県政府は、曲山鎮の復旧はせず県庁を含む中心街を移転した。市街地を流下する湔江の上流数km地点に位置する唐家山(C)では、大規模な山腹崩壊による巨大な堰止湖が出現したため、天然ダム掘削を主体とする緊急排水処理が実施された。



ALOS/AVNIR-2画像(2008年6月4日撮影, Band3,2,1の順にカラー化)



崩壊地の分布(赤枠は崩壊地、緑域は曲山鎮市街エリア、A, B, Cはそれぞれ甚大な土砂災害を引き起こした大規模な斜面崩壊)

# 曲山鎮における地震後の土砂移動

四川地震の震災区では、2008年9月23日～24日にかけて大雨があり106万人が被災した。避難所にいた4280人のうち、8人が死亡・38人が行方不明、4861軒の民家が全壊したとされる。北川県域では23日22時～24日零時にかけて**352.8mmの豪雨**があり、崖崩れなどが生じたほか、曲山鎮周辺で土石流等が発生した。



同一建物の埋没程度から深い所では**約20m土砂堆積**の様子がうかがえる。堆積土砂の流入は、上流側に存在する崩壊地の侵食拡大、溪床堆積した不安定土砂に加え、豪雨時に**新規崩壊**した土砂も含まれると思われる。**流入土砂の堆積規模は、幅約150m、長さ約800m、平均層厚10mをとると120万m<sup>3</sup>**である。 49

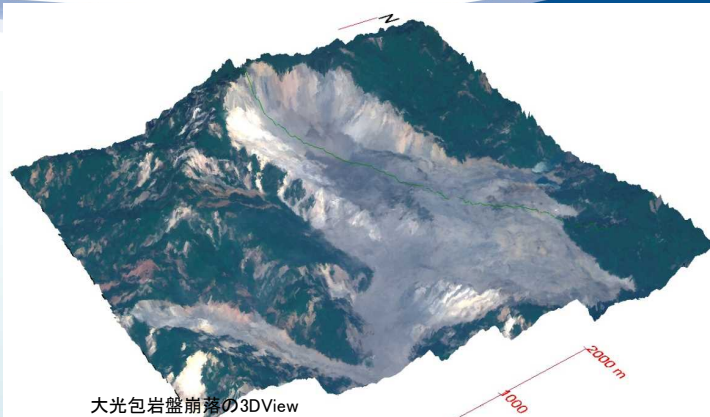
# 大光包山の大規模岩盤崩落

- 四川省安県高川郷囲子坪で発生した地震によるものでは、世界最大規模の「大光包岩盤崩落」。
- 大光包山3047mから山体崩壊し、崩壊面積は長さ約4km、幅約2km、崩壊土量は約7億m<sup>3</sup>。
- この崩落により、囲子坪集落の39名が犠牲となった。
- 現場は私有地で燐の採鉱現場であった。

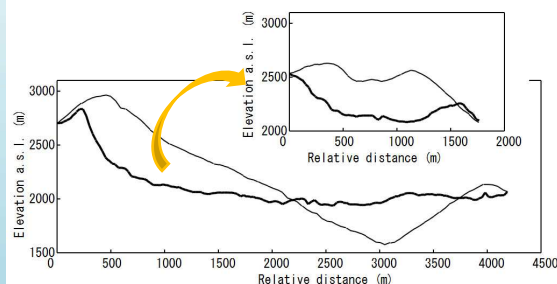


ALOS/AVNIR-2画像(2008年6月4日撮影, Band3,2,1の順にカラー化)

# 大光包山の大規模岩盤崩落



大光包岩盤崩落の3DView



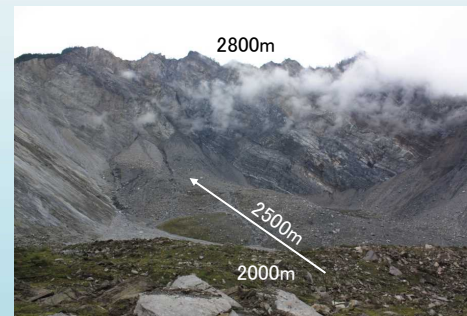
# 大光包山の大規模岩盤崩落



大光包地すべりの崩壊土砂により削剥された斜面



大光包地すべりの崩壊土砂により削剥された斜面と流出土砂



大光包地すべりの源頭中央部



大光包地すべりの左岸側壁

# 清平郷文家沟の大規模岩盤崩落

大光包に次ぐ大崩壊、崩壊量7500万m<sup>3</sup>、2010年8月12日-13日の降雨量227mmにより約430万m<sup>3</sup>の土砂流出、崩落地の出口にある清平郷文家沟で死者・行方不明12人、建物破壊379の被害。施設はその後に設置された。



# 映秀市街地周辺の土砂災害(2008年8月2日)



震源に最も近い映秀では、市街地の北方を地震断層が走り約1万人の住民のうち半7,700人が犠牲(死者・行方不明)になったとされる。

# 震源近くの映秀市二次的土砂災害(2010年8月)



2010年8月13-14日

- 降雨量は約160mm(34時間)
- 80万m<sup>3</sup>の土石流が岷江左岸红椿沟から流下し、40万m<sup>3</sup>の土砂が岷江を塞ぎ止めた。
- 建設間もない映秀—汶川高速道路を400mにわたり埋没した。
- 岷江を溢れた流水が新しく建設された英秀市街に流れ込み17人が犠牲となった。



# 汶川県映秀鎮2010年8.14被災



# 映秀红椿沟砂防对策(2011年12月)

# 都江堰市龍池鎮2010年8.13被災



## 都江堰市龍池鎮

●龍池国家森林公园に指定された観光地。大都市である成都の夏の避暑地。

●8月13日15時から18時にかけて降雨量150mmに達する。龍溪河の流量は314 m<sup>3</sup>/sに達し、観測史上最大。

●この豪雨で死亡1人、行方不明12人、観光客800人が足止め、137戸が倒壊あるいは損壊、流域住民5149人に被害が及んだ。



# 龍池鎮2010年8.13被災後の状況



# 龍池鎮2010年8.13被災後の状況



# 都江堰市龍池鎮の土石流避難対策



地質災害掲示板  
場所: 東岳村  
災害: 土石流  
伝達: 警報(鐘をたたく)  
避難経路: 赤矢印の方向  
責任者: 龍池鎮東岳村地区委員会  
制作者: 都江堰市国土资源局



# 都江堰市龍池鎮の土石流観測

土石流観測施設  
約5mサイズの巨礫を利用

- ▶ 降雨量
- ▶ 超音波水位計
- ▶ 気温湿度
- ▶ VTRカメラ
- ▶ 無線伝送
- ▶ バッテリー電源(ソーラー)



# 都江堰市虹口鎮高原村の地震後の植林



震災後「厚朴」植林復旧地区  
主催: 成都農林科学院  
震災後森林復旧地区

\* 厚朴: モクレン科の植物のホノノキの樹皮のことで、日本薬局方に収録され利尿作用などがある。漢方薬剤に配合される。